



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOĽAJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.15>

**ZKUŠENOSTI Z MĚŘENÍ HLUKU NÁKLADNÍCH VOZŮ PODLE TSI NOI
*EXPERIENCE IN NOISE MEASUREMENT OF FREIGHT WAGONS
IN COMPLIANCE WITH TSI NOI***

Lucie PHAMOVÁ ^{*)}

1 ÚVOD

Nejen výrobci železničních nákladních vozů vyvíjejí nemalé úsilí, aby byly jejich vozy co nejtíšší a aby splňovaly limitní hodnoty TSI NOI nebo ještě dokonce přísnější limity svých zákazníků. Toto úsilí může být velmi snadno znehodnoceno, pokud požadují provést zkoušku hluku pouze s jedním vozem, přestože bude vyroben více než jeden vůz. K tomu došlo v minulých dvou letech několikrát a logicky tak vyvstala otázka, jak moc je měření hluku jednoho vozu nevýhodné? Protože nevýhodné by mělo být, jinak by toho výrobci mohli „zneužívat“ a nepostihlo by skutečné chování vozu z hlediska hluku. Mělo by se podle mého názoru používat skutečně jen ve výjimečných případech, kdy je vyroben pouze a jen jeden vůz.

Tento krátký článek se proto zabývá především porovnáním vyhodnocení hluku při měření dvou a jednoho železničního nákladního vozu.

2 HLUK PRŮJEZDU JEDNOHO NÁKLADNÍHO VOZU

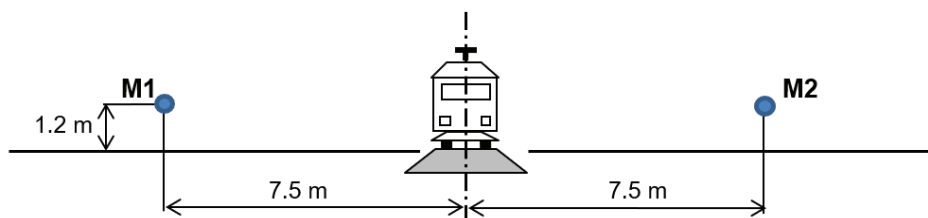
Pro porovnání byly vybrány tři různé nákladní vozy dvou výrobců: jeden velkokapacitní vůz s posuvnou stěnou a dva kontejnerové vozy. Počet zkoušených vozů byl vždy dva a zkoušené vozy byly umístěny na konci soupravy. Vyhodnocení bylo provedeno třemi způsoby: jedním způsobem pro vyhodnocení dvou vozů a dvěma způsoby pro vyhodnocení jednoho vozu.

2.1 Měření

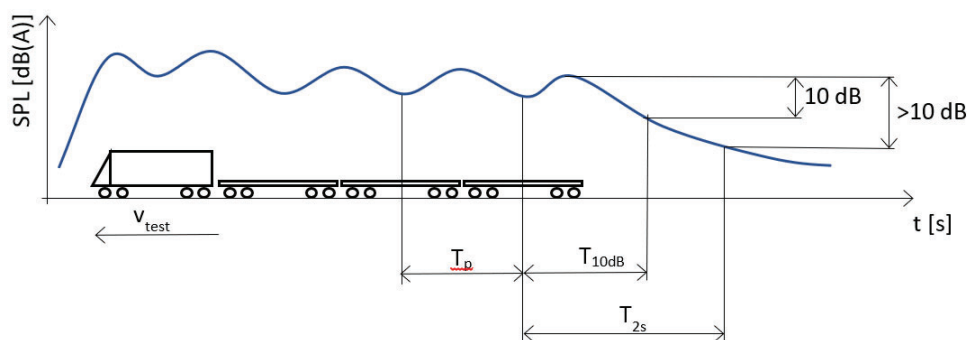
Měření hluku za konstantní rychlosti bylo provedeno podle normy ČSN EN ISO3095:2013. Mikrofony byly umístěny 7,5 m od osy koleje ve výšce 1,2 m nad temenem kolejnice na obou stranách koleje, viz **obr. 1**. Souprava se skládala z lokomotivy, jednoho oddělovacího vozu a dvou zkoušených vozů. Pro identifikaci polohy soupravy vůči mikrofonům byly použity optické závory zaznamenávající průjezd kol.

Měření byla provedena pro rychlosti 80 a 120 km/h.

^{*)} **Ing. Lucie PHAMOVÁ, Ph.D.**, VÚKV a.s., Bucharova 1314/8, 158 00 Praha, M.: +420 736 519 965, e-mail: phamova@vukv.cz.



Obr. 1 Umístění mikrofonů
Fig. 1 Microphone positioning



Obr. 2 Délky vyhodnocovaných intervalů
Fig. 2 Lengths of intervals evaluated

2.2 Způsoby vyhodnocení

Způsob vyhodnocení pro dva zkoušené vozy

Tento způsob je definován v normě ČSN EN ISO 3095:2013, kap. 6. Vyhodnocovaný interval T_p začíná v okamžiku průjezdu středu prvního vozu osou mikrofonů a končí v okamžiku průjezdu středu druhého vozu tím samym místem, viz **obr. 2**.

Výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku A jednoho průjezdu je spočítána podle rovnice (1):

$$L_{pAeq,Tp} = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_0^{T_p} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (1)$$

kde je:

$L_{pAeq,Tp}$... ekvivalentní hladina akustického tlaku A [dB(A)];

T_p ... vyhodnocovaný interval [s];

$p_A(t)$... okamžitý vážený akustický tlak [Pa];

p_0 ... referenční akustický tlak $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$.

Způsoby vyhodnocení pro jeden zkoušený vůz

Vyhodnocení se provádí podle přílohy B.4 normy ČSN EN ISO 3095:2013. Vyhodnocovaný interval začíná v okamžiku průjezdu středu vozu osou mikrofonů a končí v okamžiku, kdy hladina akustické tlaku poklesne alespoň o 10 dB. Konec vyhodnocovaného intervalu není stanoven přesně a je tím umožněno zvolit i delší interval. Vyhodnocení bylo pro porovnání provedeno dvěma způsoby, pro účely tohoto článku označené jako metoda „2s“ a metoda „10 dB“, viz dále.

Výsledná ekvivalentní hladina akustického tlaku A jednoho průjezdu je vypo t ana následovně:

$$L_{pAeq,Tp} = 10 \log \left(\frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad (2)$$

$$T_p = \frac{1}{2} \frac{l}{v} \quad (3)$$

kde je:

T ... vyhodnocovaný interval [s];

l ... délka vozu [m];

v ... rychlost soupravy [m/s].

Vyhodnocovaný interval T je při metodě „2s“ roven T_{2s} a při použití metody „10dB“ roven T_{10dB} .

Metoda „2s“

Vyhodnocovaný interval T_{2s} byl dlouhý 2 s a za inal v okamžiku průjezdu středu vozu osou mikrofonů. Dvě sekundy jsou dostate n e dlouhé na to, aby byl zajistěn pokles hladiny akustického tlaku o více než 10 dB. Tato je metoda je velmi rychlá na vyhodnocení.

Metoda „10dB“

Vyhodnocovaný interval označovaný jako T_{10dB} za in a v okamžiku průjezdu středu vozu a koní v okamžiku, kdy jsou všechny následujíci hodnoty hladiny akustického tlaku mení než maximální hodnota hladina akustického tlaku snižená o 10 dB. Maximální hodnota hladiny akustického tlaku je maximum od průjezdu středu vozu až do konce měřeného záznamu.

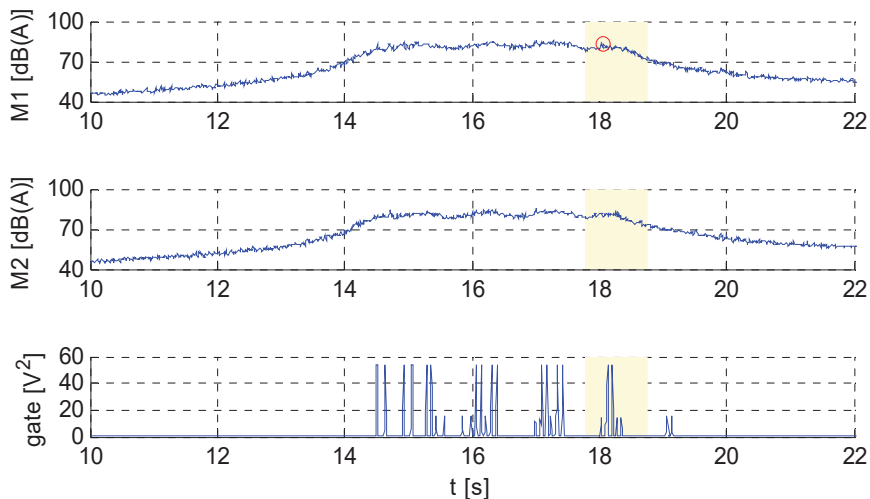
2.3 Výsledky a zhodnocení

Na **obr. 3** je na prvních dvou grafech zobrazen časový průběh hladin akustického tlaku ze dvou mikrofonů M1 a M2. Ve třetím grafu je znázorněn průběh signálu z optických závor. Podbarvené je vyznačena vyhodnocovaná oblast. Kolečko v grafu signálu M1 zdůrazňuje maximální hodnotu hladiny akustického tlaku ve vyhodnocované oblasti.

Na **obr. 4** jsou vykresleny  asov e průběhy jednoho z namu pro všechny vozy.

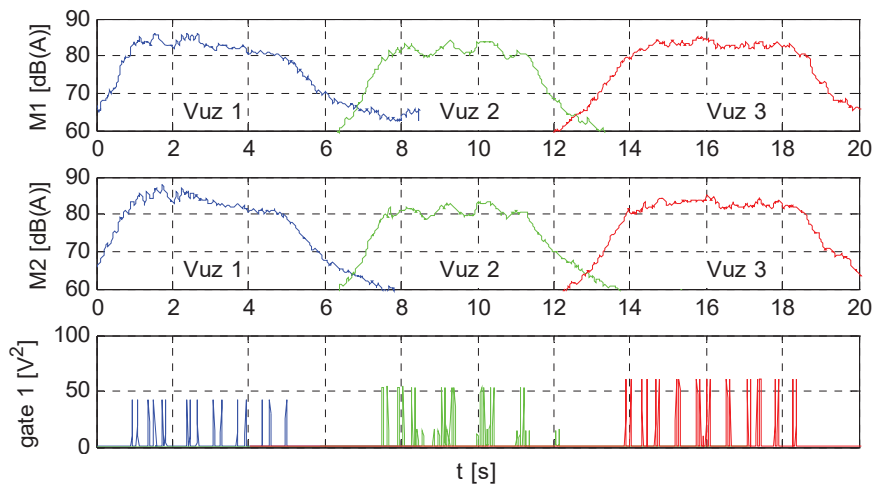
V **TAB. 1** jsou vy isleny zaokrouhlen e aritmetické průměry z ekvivalentní hladin akustického tlaku L_{pAeqTp} vypo t an ych podle (1) a (2) a p epo t an ych na referenční rychlost 80 km/h. Korekce na tzv. *APL* (axle per length) nebyla použita. Tu n e je zvyraznen při padn y výsledek zkoušky bez korekce na *APL*.

Z porovnání aritmetických hodnot je patrn e,  e vyhodnocení podle metody „2s“ je nejméně v hodn e. Hodnoty jsou oproti klasickému způsobu vyhodnocení a měření (tj. dva vozy) u první vozu stejn e, ale u druhého a třetí vozu o 1 až 2 dB v  i i. U první vozu je p ekvapiv e nejv  i i a zároveň nejn i i i hodnota L_{pAeqTp} při použití metody „10dB“. Tento vůz byl z uvažovaných vozů nejdel i a poměr délek intervalů (T_{10dB} / T_p) a (T_{2s} / T_p) byl nejn i i i. U druhého a třetí vozu vychází výsledky spo it an e metodou „10dB“ zpravidla o 1 dB n i i i než výsledky spo it an e metodou „2s“ a zároveň o 1 dB v  i i než u standardního provedení zkou ky, tj. vyhodnocení dvou voz .



Obr. 3 Časový průběh hladin akustického tlaku a napětí z optických závor, rychlost 80 km/h, vůz č. 2

Fig. 3 Time history of sound pressure levels and voltage from optical sensors, speed of 80 km/h, wagon no. 2



Obr. 4 Časový průběh hladin akustického tlaku a napětí z optických závor, rychlost 80 km/h, všechny vozy

Fig. 4 Time history of sound pressure levels and voltage from optical sensors, speed of 80 km/h, all wagons

TAB. 1 Aritmetické priemery $L_{pAeqTp,80}$
TABLE 1 Mean values $L_{pAeqTp,80}$

Vůz [-]	Jmenovitá rychlost [km/h]	Vyhodnocení přes interval		
		T_p	T_{2s}	T_{10dB}
1	80	82	82	83
	120	82	82	81
2	80	80	82	81
	120	80	82	81
3	80	83	84	84
	120	84	86	85

3 MĚŘENÍ HLUKU PRŮJEZDU DVOU PODOBNÝCH NÁKLADNÍCH VOZŮ

Jednalo se o měření jednoho nákladního vozu s odsuvnou střechou. Zákazník dodal jeden nový zkoušený vůz a druhý podobný vůz půjčený z provozu. Byla provedena měření se dvěma konfiguracemi soupravy. Souprava A byla složena z lokomotivy, jednoho oddělovacího kontejnerového vozu, jeden vůz z provozu a jeden zkoušený vůz. V soupravě B byl za lokomotivu zapojen jeden kontejnerový vůz a hned za ním jeden zkoušený vůz. Vůz z provozu nebyl tedy do této soupravy zařazen.

Vyhodnocení naměřených dat v případě soupravy A bylo provedeno standardním způsobem, tj. od poloviny prvního vozu do poloviny druhého vozu. Pro soupravu B byla použita metoda „2s“.

Výsledné aritmetické průměry z obou vyhodnocení byly kupodivu víceméně shodné. Rozdíl byl přibližně 0,2 dB. Nicméně, z výsledků předchozí kapitoly se lze domnívat, že kdyby bylo měření provedeno se dvěma zkoušenými vozy, výsledná hladina L_{pAeqTp} by byla nižší.

4 POČET ZKOUŠENÝCH VOZŮ

Domnívám se, že v případě kontejnerových a podobných vozů je ideální počet zkoušených vozů 3. Je to z důvodu dodržení podmínky tzv. akustické neutrality, která zajišťuje, aby vůz mezi lokomotivou a zkoušenými vozy svým vyzářeným akustickým výkonem negativně nepřispíval k vyzářenému akustickému výkonu zkoušených vozů. V poslední době se stává, že oddělovací vůz, ač podobného typu, je hlučnější než zkoušené vozy a to zejména v případech, kdy výrobce vylepší podvozek hluk snižujícím opatřením. Toto opatření už ale není uplatněno na oddělovacím voze a podmínka akustické neutrality pak nebývá splněna.

5 ZÁVĚR

Bylo provedeno vyhodnocení zkoušky hluku tří různých nákladních vozů a to třemi různými způsoby. Standardním způsobem pro vyhodnocení hluku dvou nákladních vozů a dvěma způsoby pro vyhodnocení hluku jednoho vozu. Porovnání ukázalo, že zkouška hluku jednoho vozu na velkém železničním okruhu v Cerhenicích v České republice může být nevhodná a to až o 2 dB.

Literatura

[1] NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) č. 1304/2014 ze dne 26. listopadu 2014 o technické specifikaci pro interoperabilitu subsystému „kolejová vozidla – hluk“. 2014. [2] ČSN EN ISO 3095:2014. *Akustika – Železniční aplikace – Měření hluku vyzařovaného kolejovými vozidly*. 2014.



Resumé

Článek sdílí zkušenosti z měření hluku nákladních vozidel, zejména pro případy, kdy je výrobcem dodán jen jeden vůz. Uvádí nevýhody měření hluku pouze jednoho vozu namísto dvou. Uvádí výhody měření hluku tří vozů.

Summary

The article shares experiences from freight wagon noise measurements, especially in cases where only one freight wagon is supplied by the manufacturer. It points out the disadvantages of noise measurement of only one freight wagon instead of two. It gives the advantages of noise measurement of the three freight wagons.

